

Antti Huotari

Hirsitalon energiatehokkuus

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Antti Huotari

Työn nimi: Hirsitalon energiatehokkuus

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2012 Sivumäärä: 31 Liitteiden lukumäärä: 11

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää onko hirsitalo kannattava vaihtoehto omakotitalona. Työn alussa on lyhyt katsaus hirsirakentamiseen Suomessa. Sen tarkoituksena on johdattaa lukija varsinaiseen työn aiheeseen.

Hirsitalon kannattavuutta omakotitalona tutkittiin lämpöhäviöiden avulla. Tässä työssä on tehty kolme lämpöhäviöiden tasauslaskentaa, joista kaksi on hirsitalolle ja yksi puutalolle. Hirsitalojen lämpöhäviöitä on verrattu puutalon tuloksiin ja sitä kautta selvitetty hirsitalon energiatehokkuuden taso. Lisäksi on pohdittu hirsitalon työ- ja materiaalikustannuksia sekä verrattu niitä puutalon vastaaviin kustannuksiin.

Viimeisenä aiheena on käsitelty hirsitalolle ominaisia kosteusteknisiä piirteitä ja mahdollisia kosteus- ja homeongelmia. Näitä asioita tutkimalla oli tarkoitus selvittää onko hirsitalo terveellinen vaihtoehto omakotitalona ja onko hirsitalo altis kosteus- ja homeongelmille. Lisäksi edellä mainittuja asioita on pohdittu myös puutalosta ja verrattu niitä hirsitaloon.

Avainsanat: hirsirakennukset, lämpöhäviöt, kustannukset, kosteus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Antti Huotari

Title of thesis: Energy efficiency of a log house

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2012 Number of pages: 31 Number of appendices: 11

The main purpose of the thesis was to find out whether a log house is a viable option as a single-family house. The study begins with a brief review of log construction in Finland. Its purpose is to guide the reader to the actual subject.

The profitability of a single-family log house was studied with the means of heat loss. In this study, there were three heat loss calculations, two for a log house and one for a wooden house. The log house heat losses were compared to the results of the wooden house to see what log house energy efficiency levels are. In addition, log house labor and material costs were compared to the corresponding costs of a wooden house.

The last topic is inherent technical features of moisture and potential moisture and mold problems in a log house. The purpose was to find out whether a log house is a healthy alternative as a single-family house and if it is vulnerable to moisture and mold problems. In addition, the above-mentioned issues were also compared between a wooden house and a log house.

Keywords: log house, heat loss, costs, moisture

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	5
KÄYTETYT TERMIT	6
1 HIRSIRAKENTAMINEN SUOMESSA	7
1.1 Alkuvaiheet ja yleistyminen	7
1.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä	7
1.3 Hirsirakentamisen tulevaisuus	8
2 HIRSI- JA PUUTALOJEN LÄMPÖHÄVIÖIDEN TASAUSLASKENTA	10
2.1 U-arvo	10
2.2 Hirsitalon lämpöhäviöiden tasauslaskenta	10
2.2.1 Hirsiprofiili 180 mm	11
2.2.2 Hirsiprofiili 275 mm	15
2.3 Puutalon lämpöhäviöiden tasauslaskenta	18
2.4 Lämpöhäviöiden vertailu	20
3 TYÖ- JA MATERIAALIKUSTANNUKSET	22
3.1 Hirsitalon työ- ja materiaalikustannukset	22
3.2 Puutalon työ- ja materiaalikustannukset	23
3.3 Kustannusten vertailu	23
4 KOSTEUS- JA HOMEONGELMAT	26
4.1 Kosteus- ja homeongelmat hirsitaloissa	26
4.1.1 Hirren kosteustekniset ominaisuudet	26
4.1.2 Kosteus- ja homeongelmat	26
4.2 Puutalon kosteus- ja homeongelmat	27
5 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	31

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Erityyppisten valmisosatalojen osuus omakotirakentamisessa vuonna 2008	8
Kuvio 2. Ilmanvaihdon vuosihyötysuhde laskuri.....	11
Kuvio 3. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu yksi, kun seinärakenteena on 180 mm paksu lamellihirsi	13
Kuvio 4. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu kaksi, kun seinärakenteena on 180 mm paksu lamellihirsi	14
Kuvio 5. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu yksi, kun seinärakenteena on 275 mm paksu lamellihirsi	16
Kuvio 6. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu kaksi, kun seinärakenteena on 275 mm paksu lamellihirsi	17
Kuvio 7. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu yksi, kun seinärakenteena on rankaseinä	19
Kuvio 8. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu kaksi, kun seinärakenteena on rankaseinä	20
Kuvio 9. Hirren metrihinta hirsiprofiilin poikkipinta-alan suhteen	22
Kuvio 10. Rakennuskustannusten jakautuminen	24
Taulukko 1. Eri talopakettivalmistajien hintataulukko	24

KÄYTETYT TERMIT

Puutalo	Tässä työssä puutalolla tarkoitetaan rakennusta, jonka ulkoseinät ovat rankarakenteiset.
Hirsitalo	Rakennus, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on hirsi ja keskimääräinen rakennepaksuus on 180 mm.
Ilmanvuotoluku	Rakennusvaipan keskimääräinen vuotoilma tunnissa 50 Pascalin paine-erolla rakennusvaipan pinta-alaa kohden. [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$].
Lämpöhäviö	On vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö. [W/K].
Rakennuksen vaippa	Rakennososat, jotka erottavat lämpimän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta.
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden rakennusosan läpi jatkuvuustilassa, kun lämpötilaero on yksikön suuruinen. [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$].

1 HIRSIRAKENTAMINEN SUOMESSA

1.1 Alkuvaiheet ja yleistyminen

Suomeen hirsitalot tulivat jo hyvin varhaisessa vaiheessa 1000-luvulla. Sen aikaiset hirsitalot olivat tosin vielä hyvin alkeelliset maalattioineen ja tuohiturvekattoineen. Ensimmäiset hirsitalot koostuivat yhdestä huoneesta ja joissakin tapauksissa myös saunasta. Taloissa lämmönlähteenä oli tulisija, mutta hormia ei ollut vielä keksitty, vaan savunpoistajana toimi seinässä ollut pieni aukko. (Rinne 2009.)

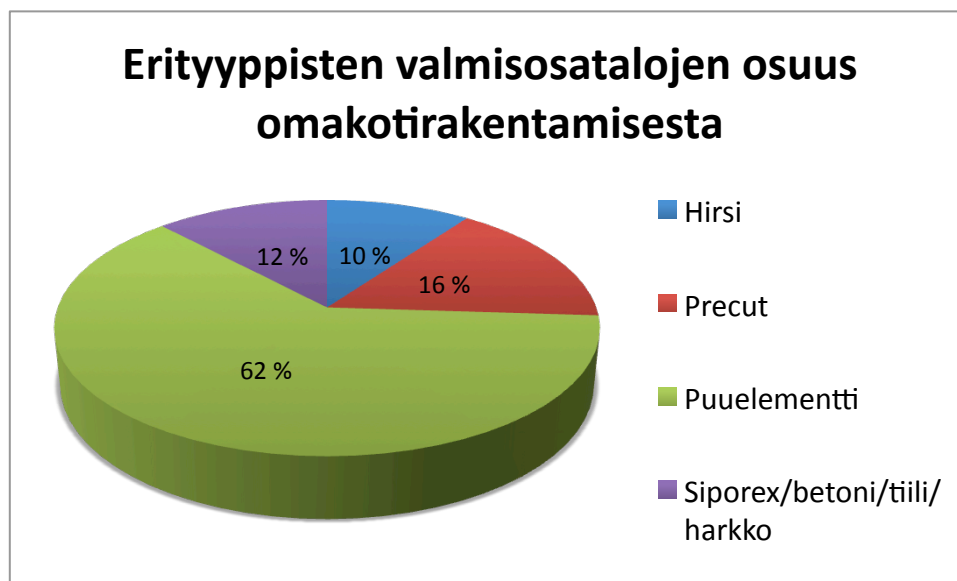
Ensimmäiset savupiipulliset hirsitalot tulivat Suomeen 1500-luvulla. Sen lisäksi talojen koko kasvoi ja ne muodostuivat useammasta kuin yhdestä huoneesta. Yleisesti 1500-luvun hirsitaloissa oli usean makuuhuoneen lisäksi myös oleskelutila. Suuret hirsitalot, joissa oli monta huonetta, tupa tai jopa sali, kuuluivat porvaristolle. (Rinne 2009.)

Teollistumisen käynnistyttyä 1800-luvulla, hirrestä alettiin rakentaa uudentyyppisiä kaupunkirakennuksia. Ne olivat joko porvaristolle tehtyjä, uudentyyppisiä pohjaratkaisuja hyödyntäviä taloja tai tehtaiden yhteyteen rakennettuja, työväelle tarkoitettuja isoja kasarmeja. Erilaisia hirsirakennuksia rakennettiin aina 1900-luvun puolelle, jolloin myös rankarunkoinen rakenneratkaisu alkoi saada jalansijaa rakennuskulttuurissamme. (Rinne 2009.)

1.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä

Nykyään hirsi on saanut väistyä muiden ratkaisujen tieltä asuinrakentamisen saralla, vaikka teollisuuden kehittyessä hirrestä saadaan valmistettua yhä mittatarkempia sekä painumat ja halkeilut pystytään hallitsemaan yhä paremmin. Rakennusmateriaalien kirjon laajetessa, materiaalien laadun parantuessa ja energiatehokkuusvaatimusten kiristyessä hirsirakentaminen on keskittynyt pääasiassa lomajan asuntoihin. Hirren työstön kehittymisen myötä hirsitalot ovat yhä monimuotoisempia ja näyttävämpiä. Kuitenkin hirrestä valmistetaan nykyään hyvin vähäisessä määrin ympärivuotiseen käyttöön tarkoitettuja asuinrakennuksia.

Pientaloteollisuus ry:n julkaiseman barometrin mukaan vuonna 2008 koko omakotirakentamisesta vain noin kymmenen prosenttia oli hirsitaloja. Puurunkoisten talojen osuus oli 78 % koko omakotirakentamisesta. Kuviossa 1 on esitetty erityyppisten valmisosatalojen jakautuminen omakotirakentamisessa. Vielä vuonna 1995 hirsitalojen osuus oli 17 % ja kivitalojen osuus vain viisi prosenttia. Tämä osoittaa hyvin sen, mihin suuntaan hirsitalorakentaminen on menossa. Energiatehokkuusvaatimusten tiukentuminen voi olla yksi syy tähän kehitykseen. (Pientaloteollisuus PTT ry 2009, 7).



Kuvio 1. Erityyppisten valmisosatalojen osuus omakotirakentamisesta vuonna 2008 (Pientaloteollisuus PTT ry 2009, 7).

1.3 Hirsirakentamisen tulevaisuus

Tässä työssä vertaillaan, mikä hirsirakennus on kustannusten kannalta edullisin vaihtoehto. Lisäksi selvitetään, mikä on lämmitys-, työ- sekä materiaalikustannusten taso rankarunkoisen talon kustannuksiin. Vertaamalla edellä mainittuja asioita saadaan käsitys siitä, onko hirsitalo kilpailukykyinen vaihtoehto rankatalon rinnalla asuinrakentamisessa.

Lopuksi käsitellään puurunkoisten pientalojen kosteus- ja homeongelmia. Vertaamalla rankarunkoisten rakennusten ja hirsirakennusten yleisimpiä kosteus- ja homeongelmia saadaan käsitys siitä, onko hirsitalo vähemmän riskialtis ja terveellisempi vaihtoehto asuinrakennuksena. Jos tulokset puhuvat hirsitalon energiatehokkuuden ja kosteusteknisen toimivuuden puolesta, hirsitalolla on tulevaisuudessa edellytykset asuinrakentamiseen rankarunkoisten talojen rinnalla.

2 HIRSI- JA PUUTALOJEN LÄMPÖHÄVIÖIDEN TASAUSLASKENTA

2.1 U-arvo

Rakennusmääräyskokoelman osassa D3 sanotaan, että hirsiseinän U-arvo tulee olla yhtä suuri tai pienempi kuin $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Lisäksi rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän tai ala- tai yläpohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Näin ollen pienin mahdollinen seinässä käytettävä hirsiprofiili on 180 mm paksu hirsi, jonka lämmönläpäisykerroin saadaan $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Massiivisella, 275 mm paksulla lamellihirrellä päästään arvoon $0,41 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Seinän huono lämmöneristävyys tulee huomioida rakennusvaipan muissa osissa, jotta rakennus olisi määräykset täyttävä kokonaisuus. (D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 11–13).

2.2 Hirsitalon lämpöhäviöiden tasauslaskenta

Hirsirakenteella ei päästä suoraan rakennusmääräyskokoelman osassa D3 ulkoseinälle asetettuihin vaatimuksiin, mutta kompensoimalla tämä muissa rakennusosissa, siitä saadaan määräykset täyttävä kokonaisuus. Tasauslaskennalla osoitetaan rakennuksen lämpöhäviölle asetetun vaatimuksen täyttyminen. Tasauslaskennassa otetaan huomioon rakennuksen vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto. Jokaiselle osa-alueelle on asetettu vertailuarvo. Jos jonkin osa-alueen suunnitteluarvo on suurempi kuin vertailuarvo, vastaava lämpöhäviön määrä tulee vähentää jostakin toisesta osa-alueesta. Rakennus on määräysten mukainen, kun yhteenlasketut lämpöhäviöt ovat enintään vertailuarvon suuruiset. (D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 11–13).

Seuraavissa luvuissa on esitetty tasauslaskelmat käyttäen seinärakenteena 180 mm ja 275 mm paksua lamellihirttä. Tavoitteena on löytää järkevä ja kustannustehokas hirsiseinäratkaisu ilman lisälämmöneristystä. Tasauslaskelmista selviää, millä rakenneratkaisuilla päästään määräysten mukaiseen lopputulokseen sekä kumpi vaihtoehdoista on taloudellisesti parempi valinta. Kaikissa tasauslasken-

noissa on käytetty kuvion 2 mukaista ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton vuosihyötysuhdetta. Tasauslaskelmien lähtötietoihin on käytetty esimerkkirakennuksen tietoja. Esimerkkirakennuksen pohja-, leikkaus- ja julkisivukuvat sekä tasauslaskennoissa käytetyt rakennetyypit ovat liitteenä työn lopussa. (Liitteet 1–11).

Ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen laskenta:	
Ominaislämpöhäviöiden laskemiseksi laajennettua tasauslaskentaa käyttäen (Ympäristöoppaan 106 lämpöhäviöiden tasauslaskelma)	
Tämä on Vallox ilmanvaihtokoneiden poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdelaskurin tulosraportti. Vuosihyötysuhteen laskenta perustuu ympäristöministeriön monisteen 122 mukaiseen ohjeistukseen.	
Kohdetiedot:	
Rakentaja:	-
Osoite:	-
Postinumero ja postitoimipaikka:	Seinäjoki
Laskelman tekijä:	AH
Laskentatiedot:	
Paikkakunta, jonka lämpötilakertymäfunktiota käytetään:	Jyväskylä
Ilmanvaihtokone:	Vallox 121
Poistoilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta dm ³ /s:	35 dm ³ /s
Tuloilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta dm ³ /s:	31,5 dm ³ /s
Muu poistoilmavirta dm ³ /s (esim. erillinen liesituuletin tai erillinen poisto):	20 dm ³ /s
Muun poistoilmavirran käyttöaika h/d (tuntia/vuorokausi):	1 h/d
Sisäilman lämpötila C-asteina:	21 °C
Jäätymisenestön toiminta lämpötila:	5 °C
Tuloilman max lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen:	21 °C
Tulokset:	
Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde:	61,8 %
Koko tilan ilmanvaihdon vuosihyötysuhde:	60,4 %
Koko ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä ilman lämmöntalteenottoa:	6383 kWh/vuosi
Ilmanvaihtokoneella saavutettu energiansäästö:	3852 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon kokonaisenergiakulutus (sisältää myös mahd. muut poistot):	2531 kWh/vuosi
Lähteet:	
Ympäristöministeriön moniste 122, http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=9298&lan=FI Energiälaskennan säätiedot - suomalainen testivuosi, Bengt Tammelin, Eero Erkiö, ISSN 0782-6079	

Kuvio 2. Ilmanvaihdon vuosihyötysuhdelaskuri.

2.2.1 Hirsiprofiili 180 mm

Kuvioissa 3 ja 4 on esitetty lämpöhäviöiden tasauslaskenta, kun seinärakenteena on 180 mm paksu lamellihirsi. Laskennassa käytetty pohja perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3-luonnokseen. Rakennuksen vaipan vertailuarvo ylittyy, vaikka ylä- ja alapohjarakenteet ovat passiivitaso ratkaisuja. Lisäksi ovilta ja ikkunoilta edellyte-

tään parempaa lämmöneristävyyttä. Vaipan lämpöhäviöt saadaan kompensoitua ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhteella. Ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen vertailuarvo on 45 % ja tässä esimerkissä ilmanvaihtokoneeksi valittiin laite, jonka vuosihyötysuhde on 60,4 %. Koko rakennuksen lämpöhäviöt jäävät näin ollen alle vertailuarvon ja se on määräysten mukainen. Lämpöhäviöt ovat 108 W/K eli 95 % vertailuarvosta.

Pääsuunnittelija	Antti Huotari
Tasauslaskelman tekijä	Antti Huotari
Päiväys	3.4.2012
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	401 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	107 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	100 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Lasketatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 108 m²
Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 15 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 95 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
<i>Lämpimät tilat</i>							
Ulkoseinä			0,17	0,60		-	-
Hirsiseinä	86	86	0,40	0,60	0,60	34,4	51,6
Yläpohja	100	100	0,09	0,60	0,05	9,0	5,0
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)	100		0,16	0,60	0,09	16,0	9,0
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	16,1	16,0	1,00	1,80	0,80	16,1	12,8
Ulko-ovet	6,3		1,00	-	0,80	6,3	5,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	308	308				81,8	83,4
<i>Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot</i>							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet			1,40	-		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q _{v,0}]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v,v} = q _{v,0} / 35 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{v,vaip} = 1200 · q _{v,v}]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,0049	0,0049	5,9	5,9	
Puoliämpimät tilat	2,0				-	-	
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-η _a)]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat	0,040		45	60,4	26,4	19,0	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puoliämpimät tilat			45		-	-	
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
					Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{opt} + H _{v,vaip} + H _v]		
	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu					
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					114	108	
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					-	-	

Kuvio 3. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu yksi, kun seinärakenteena on 180 mm paksu lamellihirsi.

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)				
Pinta-alat				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien U-arvot				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusvaipan ilmanpitävyys				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	2,00
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	114 W/K	108 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Tarkistuslistan yhteenveto				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Lisäselvitykset				
Rakennuksen vuotoilma				
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnitteluarvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q_{50} ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan taseuslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan taseuslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.				

Kuvio 4. Lämpöhäviöiden taseuslaskenta sivu kaksi, kun seinärakenteena on 180 mm paksu lamellihirsi.

Energiatehokkaampaan tulokseen pääseminen edellyttää ulkoseinien lisälämmöneristystä. Pieniä parannuksia voi tehdä ilmanvaihtokoneen paremmalla vuosihyötysuhteella, mutta muuten rakennuksen osa-alueet ovat jo passiivitasoa eikä niihin merkittäviä muutoksia voi saada aikaan. Lisäksi on huomioitavaa, että laskeissa ilmanvuotolukuna on käytetty arvoa $q_{50} = 2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mikä tulee todistaa mittaamalla. Hirsitalolle ilmanvuotoluku $q_{50} = 2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ on kuitenkin nykytekniikalla valmistetussa hirsitalossa helposti saavutettavissa. Esimerkiksi Finnlamelli (Finnlamelli on tutkitusti tiivis, [Viitattu 3.5.2012]) on tehnyt aiheesta tutkimuksen. Tutkimuksessa tehtiin ilmanvuotomittaus useaan hirsitaloon ja kaikissa näissä ta-

loissa ilmanvuotoluvuksi saatiin alle kaksi. Lämpöhäviöt voivat siis olla todellisudessa pienemmät kuin tässä esimerkissä saatu 108 W/K.

2.2.2 Hirsiprofiili 275 mm

Kuvioissa 5 ja 6 on esitetty lämpöhäviöiden tasauslaskenta, kun seinärakenteena on 275 mm paksu lamellihirsi. Laskennassa käytetty pohja perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3-luonnokseen. Tässä esimerkissä vaipan lämpöhäviöt jäävät alle vertailuarvon eikä kompensointia tarvitse tehdä muilla osa-alueilla. Ylä- ja alapohjarakenteet ovat samat kuin edellisen esimerkin tasauslaskennassa. Ikkunoille ja oville on myös asetettu paremmat U-arvot, jotta rakennuksen vaipan vertailuarvo saavutettaisiin. Ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde on sama 60,4 % ja ilmanvuotoluku, $q_{50} = 2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Lämpöhäviöt ovat 92 W/K, kun vertailuarvo on 114 W/K eli rakennuksen lämpöhäviöt ovat 80% vertailuarvosta ja rakennus täyttää vaatimukset. Lämpöhäviöt ovat 15 % pienemmät kuin edellisessä esimerkissä, jossa seinärakenteena oli 180 mm paksu hirsi. Pelkästään kasvattamalla hirren paksuutta 95 mm lämpöhäviöihin saatiin 15 % parannus. Edellisen esimerkin tasoon päästäisiin huonommillakin ylä- ja alapohjan U-arvoilla, mutta rakennuskustannukset molemmissa tapauksissa olisivat lähes samat. Ilmanvuotolukuna voitaisiin käyttää suunnitteluarvoa $q_{50} = 4$, jolloin lämpöhäviöiksi saataisiin 98 W/K ja rakennus olisi edelleen määräysten mukainen.

Rakennuskohde	Pientalo, talo1
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen
Rakennustyyppi	1-kerroksinen pientalo,hirsirakenteinen, ikkunapinta-ala 15 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Antti Huotari
Tasauslaskelman tekijä	Antti Huotari
Päiväys	3.4.2012
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	416 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	111 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	100 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 108 m²
 Ikkunapinta-ala on 14 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 15 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 80 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäis-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä			0,17	0,60		-	-
Hirsiseinä	85	86	0,40	0,60	0,41	34,1	35,3
Yläpohja	100	100	0,09	0,60	0,05	9,0	5,4
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)	100		0,16	0,60	0,09	16,0	8,7
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	16,7	16,0	1,00	1,80	0,80	16,7	12,8
Ulko-ovet	6,3		1,00	-	0,80	6,3	5,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	308	308				82,1	67,2
Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet			1,40	-		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q _{v,0}]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v,v} = q _{v,0} / 35 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,0049	0,0049	5,9	5,9	
Puoliämpimät tilat	2,0				-	-	
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{iv} = 1200 · q _{v,p} · (1-η _a)]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat	0,040		45	60,4	26,4	19,0	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puoliämpimät tilat			45		-	-	
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					114	92	
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					-	-	

© Ympäristöministeriö, Tasauslaskenta 2012 (versio lokakuu 2010)

Kuvio 5. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu yksi, kun seinärakenteena on 275 mm paksu lamellihirsi.

Rakennuskohde	Pientalo, talo1
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)				
Pinta-alat				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien U-arvot				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusvaipan ilmanpitävyys				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{ie} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	2,00
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	114 W/K	92 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Tarkistuslistan yhteenveto				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Lisäselvitykset				
Rakennuksen vuotoilma				
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{ie} suunnitteluarvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q_{ie} ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.				

© Ympäristöministeriö, Tasaustietäen 2012 (versio lokakuu 2010)

Kuvio 6. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu kaksi, kun seinärakenteena on 275 mm paksu lamellihirsi.

Verrattaessa lämpöhäviöiden rahallista arvoa vuositasolla erot ovat huomattavat. Lämpöhäviöiden erotus on 16 W/K ja kertomalla se sisälämpötilan ja vuoden keskilämpötilan erotuksella sekä ajalla eli vuoden tuntimäärällä, saadaan tulokseksi 2663 kWh/vuosi. Oletetaan, että sähkön hinta on 0,115 €/kWh, erotukselle saadaan hintaa noin 306 € vuodessa. Valitsemalla ulkoseinärakenteeksi 275 mm paksun hirren, lämmityskustannuksissa säästyy 306 € vuodessa. Lämmityskustannusten kannalta on siis edullisempää valita massiivinen hirsiprofiili.

2.3 Puutalon lämpöhäviöiden tasauslaskenta

Kuvioissa 7 ja 8 on esitetty rankarunkoisen talon lämpöhäviöiden tasauslaskenta. Laskennassa käytetty pohja perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3-luonnokseen. Rakennus on toteutettu sellaisilla rakenteilla, joilla saadaan juuri määräykset täyttävä kokonaisuus. Lämpöhäviöiden arvoksi saadaan 93 W/K, kun vertailuarvo on 95 W/K. Lämpöhäviöt ovat siis 99 % vertailutasosta. Kun rakennusosat ovat vertailutasoa, ei muillekaan osa-alueille kuten ikkunoille ja oville tarvitse asettaa erityisvaatimuksia. Ilmanvuotolukuna on käytetty arvoa $q_{50}=4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Lisäksi ikkunoiden ja ovien U-arvona on käytetty vertailuarvoa. Rakennuksesta saadaan helposti määräysten mukainen kokonaisuus, vaikka todellisuudessa ilmanvuotoluku on todennäköisesti pienempi, jolloin myös lämpöhäviöt jäävät pienemmäksi. Jos ilmanvuotolukuna käytettäisiin arvoa $q_{50}=2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, lämpöhäviöt olisivat 87 W/K.

Rakennuskohde	Pientalo, talo1
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen
Rakennustyyppi Lue ohjeet	1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 15 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Antti Huotari
Tasauslaskelman tekijä	Antti Huotari
Päiväys	3.4.2012
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	359 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	110 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	100 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 108 m²
 Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 15 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 99 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäis-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	86	86	0,17	0,60	0,17	14,6	14,2
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	100	100	0,09	0,60	0,09	9,0	9,0
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)	100		0,16	0,60	0,17	16,0	17,0
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	16,4	16,0	1,00	1,80	1,00	16,4	16,0
Ulko-ovet	6,3		1,00	-	1,00	6,3	6,3
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	308	308				62,3	62,5
<i>Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot</i>							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet			1,40	-		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q _v]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _v = q _v / 35 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuoto} = 1200 · q _v]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	4,0	0,0049	0,0098	5,9	11,7	
Puoliämpimät tilat	2,0				-	-	
ILMANVAIHTO	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _v]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _v · (1-η _a)]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat	0,040		45	60,4	26,4	19,0	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puoliämpimät tilat			45		-	-	
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{opt} + H _{vuoto} + H _v]	
						Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						95	93
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

Kuvio 7. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta sivu yksi, kun seinärakenteena on ran-kaseinä.

Rakennuskohde	Pientalo, talo1
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)				
Pinta-alat				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	kyllä	ei		
	V			
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa				
- lämpimissä tiloissa	V			
- puoliämpimissä tiloissa				
Rakennusosien U-arvot				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	kyllä	ei		
	V			
Rakennusvaipan ilmanpitävyys				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{se} suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	V		4	4,00
- puoliämpimissä tiloissa			4	
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	V		95 W/K	93 W/K
- puoliämpimissä tiloissa				
Tarkistuslistan yhteenveto				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä	ei		
	V			
Lisäselvitykset				
Rakennuksen vuotoilma				
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{se} suunnitteluarvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q_{se} ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan taseuslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde				
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m ² loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan taseuslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.				

Kuvio 8. Lämpöhäviöiden taseuslaskenta sivu kaksi, kun seinärakenteena on ran-kaseinä.

2.4 Lämpöhäviöiden vertailu

Kaikissa kolmessa edellä mainitussa taseuslaskennassa lähtötietoihin on käytetty saman rakennuksen tietoja, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. Rakennetyyp-pejä, kuten ulkoseiniä, yläpohjia ja alapohjia vaihtamalla, on haettu määräykset täyttävä kokonaisuus. Lämpöhäviöissä epäedullisimpaan tulokseen päästään, kun seinärakenteena käytetään 180 mm paksua hirttä, vaikka ylä- ja alapohja ovat passiivitasoa. Lämpöhäviöt ovat 108 W/K eli 16 W/K suuremmat, kun seinäraken-

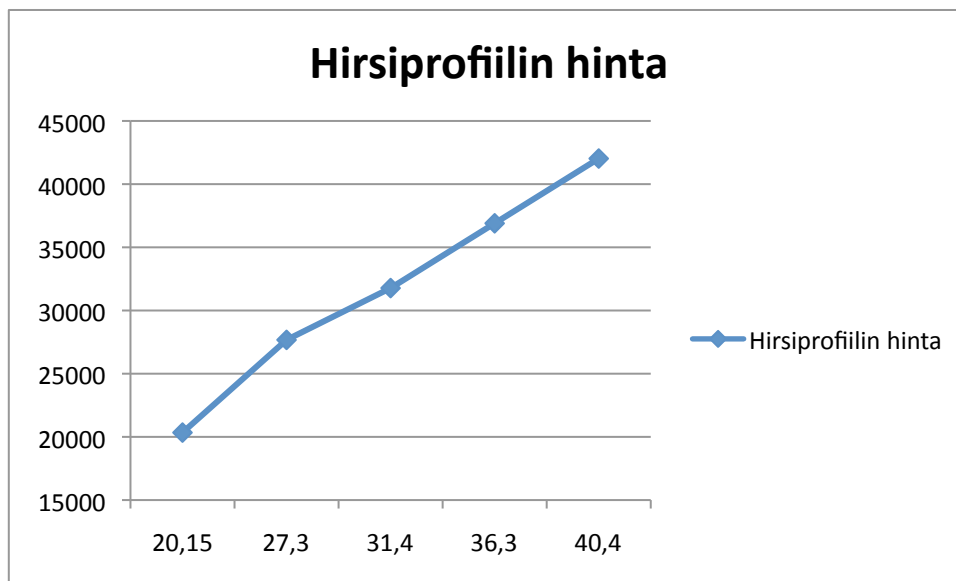
teenä on 275 mm paksu hirsi. Lisäksi lämpöhäviöt eivät ole lähelläkään sitä luokkaa kuin määräysten mukaisessa rankatalossa. Rankatalon lämpöhäviöiksi saatiin 93 W/K. Lämpöhäviöiden erotus näissä kahdessa tapauksessa on 15 W/K. Kun käytetään 275 mm paksua hirttä, päästään samaan energiatehokkuuteen kuin juuri määräysten mukaisilla rakenteilla toteutetulla rankarunkoisella talolla.

Tulosten perusteella on siis selvää, että hirsitalo ei voi kilpailla energiatehokkuudessa rankarunkoisen passiivitalon kanssa. Jotta hirsitalosta saataisiin passiivitalo, jouduttaisiin käyttämään seinissä lisälämmöneristystä, mutta silloin hirren kosteustekniset ominaisuudet menettäisivät merkityksen ja hirren pääasiallinen tehtävä olisi kantava runko, jolloin hinta olisi kohtuuttoman suuri verrattuna rankaratkaisuun. Jos rakennukselta ei odoteta passiivitasoa, hirsitalo on täysin varteenotettava vaihtoehto puutalon rinnalla. Lisäksi hirsitalossa vältetään puutalolle ominaiset höyrynsulun käyttöön liittyvät kosteusongelmariskit. Seinärakenteeseen, jossa on höyrynsulku, liittyy aina kosteusriski, vaikka rakenne olisikin suunniteltu oikein.

3 TYÖ- JA MATERIAALIKUSTANNUKSET

3.1 Hirsitalon työ- ja materiaalikustannukset

Hirsitaloissa merkittävin kustannuserä on runkomateriaali eli hirsi. Hirren hinta nousee hyvin suoraviivaisesti hirren kokoon nähden. Kuviossa 9 on esitetty erään hirsivalmistajan hirren metrihinta profiilin poikkipinta-alaan nähden.



Kuvio 9. Hirren metrihinta hirsiprofiilin poikkipinta-alan suhteen (Kultahirsi, [Viitattu 3.5.2012]).

Kuviossa y-akselilla on hirsiprofiilien poikkipinta-alat neliömillimetreinä ja x-akselilla on hirren hinta metriä kohden. Kuvioista nähdään, että kun hirsiprofiilin poikkipinta-ala kaksinkertaistuu, myös hinta kaksinkertaistuu. Esimerkiksi poikkipinta-alaltaan 20 000 mm² oleva hirsi maksaa noin 20 €/m ja poikkipinta-alaltaan 40 000 mm² oleva hirsi maksaa noin 40 €/m. Hirsien hinnat sisältävät salvokset, poraukset ja tarvittavat karaurat.

Työkustannukset hirsitalon runkovaiheessa jäävät puolestaan suhteellisen pieneksi, koska työvaiheita on vähän ja valmista pintaa syntyy, kun hirsiiä nostetaan paikoilleen. Tämän vuoksi hirren korkeat materiaalikustannukset tasoittuvat kun työn

osuus jää pienemmäksi. Kun seinärakenteena on 275 mm paksu lamellihirsi, seinän neliöhinnaksi saadaan noin 300 €. Tasauslaskuissa käytetylle esimerkkirakennuksen rungolle saataisiin näin ollen hintaa reilut 32 000 €.

3.2 Puutalon työ- ja materiaalikustannukset

Rankarunkoisen seinän materiaalikustannukset ovat puolestaan verrattain halpoja. Rankarunkoisen talon tasauslaskennassa käytetylle seinärakenteelle tulee hintaa vain noin viidennes siitä mitä hirsiseinälle, mutta työmäärä on suurempi. Seinärakenteen koostuessa useista eri materiaaleista työvaiheita on useita, joten työn osuus rankarunkoisessa seinässä muodostuu merkittäväksi kustannustekijäksi. Vaikka talo olisikin elementtirakenteinen ja varsinainen asennustyö on nopeaa, elementtien valmistukseen käytetty aika on suuri. Kokonaiskustannukset nousevatkin samalle tasolle hirsitalon kanssa.

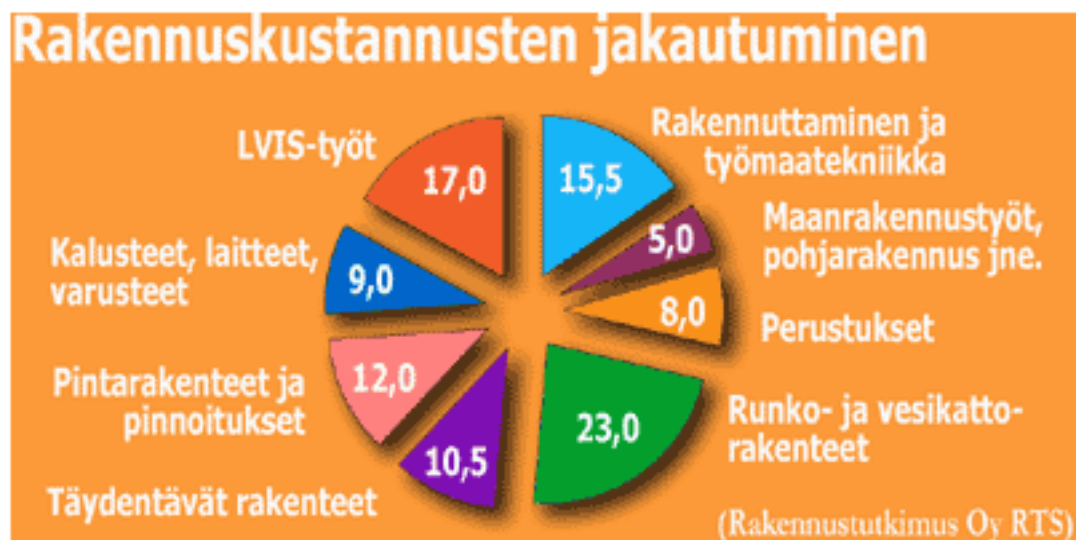
3.3 Kustannusten vertailu

Kun vertaillaan eri talopakettivalmistajien hintoja, huomataan, että kokonaishinta on kaikissa samaa tasoa, oli kyseessä sitten hirsitalo tai puutalo. Taulukkoon 1 on kerätty eri talopakettivalmistajien, kerrosalaltaan samaa kokoluokkaa olevien talopakettien hintoja. Hirsitalojen hinnan keskiarvoksi saadaan 47 960 € ja puutalojen hinnan keskiarvoksi 46 620 €. Hirsitalon ja puutalon hinnoissa ei ole merkittävää eroa. Hinnoissa tulee kuitenkin huomioida, että ne on laskettu juuri määräykset täyttävälle rakenteille eli hirsitalo tulee hieman kalliimmaksi kuin puutalo, jos valitaan massiivinen hirsiprofiili. Kustannusten ero ei tässä tapauksessa ole merkittävän suuri.

Taulukko 1. Eri talopakettivalmistajien hintataulukko.

Valmistaja	Kerrosala m ²	Hinta €
(hirsitalot)		
Kuusamon hirsitalot	109	48 800
Finnlamelli	107	41 000
Honka	107	59 000
Kontio	107	35 000
MammuttiHirsi	104	56 000
(puutalot)		
Herralatalot	109	41 400
Kastelli	103	40 200
Jetta talo	111	64 800
Teri Talot	108	53 700
Mittava koti	107	33 000

Kuviossa 10 on esitetty rakennuskustannusten jakautuminen omakotihankkeessa vuonna 2002. Rakennustutkimus Oy:n tekemästä kuviosta nähdään, että suurin kustannustekijä ovat runko- ja vesikattorakenteet. Niiden osuus koko hankkeesta on 23 %. Lähes yhtä suuri osa kustannuksista aiheutuu LVIS-töistä. (Finnlamelli kustannukset, [Viitattu 3.5.2012].)



Kuvio 10. Rakennuskustannusten jakautuminen (Finnlamelli kustannukset, [Viitattu 3.5.2012].)

Työ- ja materiaalikustannukset eivät tee merkittävää eroa hirsi- ja puutalon välille. Hirsitalossa kustannukset koostuvat pääosin materiaalikustannuksista, kun taas puutaloissa materiaalien osuus on pienempi ja työn osuus suurempi. Kun hirsitalon ja puutalon kustannukset ovat samalla tasolla, syyt hirsitalon tai puutalon valitsemiseen löytyvät siis muista asioista, kuten esteettisyydestä, ekologisuudesta, energiatehokkuudesta tai asemakaavoituksen asettamista rajoitteista. Kun halutaan rakennukselta passiivitason energiatehokkuutta, puutalo on edullisempi vaihtoehto. Hirsitalosta saadaan myös passiivitalo, mutta se edellyttää ulkoseinissä lisäeristystä.

4 KOSTEUS- JA HOMEONGELMAT

4.1 Kosteus- ja homeongelmat hirsitaloissa

4.1.1 Hirren kosteustekniset ominaisuudet

Hirsiseinällä on useita hyviä kosteusteknisiä ominaisuuksia. Seuraavat hengittävän rakenteen ominaisuudet on lainattu Outi Palttala-Heiskasen julkaisusta, puurakentaminen ja kosteus – hengittävät rakenteet. Puu hygroσκοoppisena materiaalina pystyy sitomaan ja luovuttamaan kosteutta eli se on niin sanottu hengittävä rakenne. Hirsiseinä toimii siis sisäilman kosteuden tasapainottajana. Hengittävän rakenteen hyötyinä voidaan pitää sen kykyä vaimentaa tehokkaasti huoneilman kosteuden lyhytjaksoista vaihtelua sekä kykyä alentaa sisäilman suhteellisen kosteuden enimmäisarvoa. Lisäksi se alentaa sisäilman lämpötilaa äkillisen ulkoilman lämpötilan nousun aikana, esimerkiksi hellejaksoilla sisäilma pysyy miellyttävän viileänä.

Sisäilman suhteellinen kosteus vaikuttaa sisäilman laatuun. Bakteerit ja virukset viihtyvät kosteassa sekä kuivassa ilmassa ja homeet, sienet ja pölypunkit viihtyvät kosteassa ilmassa. Siksi on tärkeää, että sisäilman suhteellinen kosteus pysyy oikealla tasolla. Allergia- ja astmaliiton mukaan paras ilmankosteus olisi 25-45 %. On siis selvää, että jos hirsiseinä rakenteena alentaa sisäilman kosteuden enimmäisarvoa, samalla se heikentää mahdollisten epäpuhtauksien elinympäristöä ja niiden syntyä. Lisäksi lämmityskauden aikana hirsiseinä puolestaan nostaa sisäilman suhteellista kosteutta, mikä vähentää hengitysinfektioita. Hengitysinfektiot yleistyvät kuivassa ilmassa. (Palttala-Heiskanen, Arkinor Oy, [Viitattu 3.5.2012]).

4.1.2 Kosteus- ja homeongelmat

Rakennuslehden 29.5.2003 julkaisemassa artikkelissa mainitaan, että hirsitaloja eivät kosteusongelmat vaivaa. Artikkelin mukaan Tampereen teknillinen yliopisto, TTY, tutki hirsitaloteollisuuden toimeksiannosta hirsitalojen kosteuskäyttäytymistä

eikä niistä löydetty ongelmia. Tutkimus koski noin kolmeakymmentä sekä lisäeristettyä että massiivihirsitaloa eikä mistään löydetty kosteusongelmia. Rajatapauksia olivat kosteat tilat, joissa oli puutteellinen kosteudeneristys tai puutteellinen höyrynsulku. (Valli 2003.)

Yleisin hirsitaloihin liittyvä kosteusongelma on alimpien hirsikertojen lahoaminen. Tämä tulee kyseeseen kuitenkin vain vanhoissa hirsitaloissa, joissa kapillaarista kosteuden nousua ei ole estetty tai perusmuuri on muuten puutteellinen. Nykyaikaisissa, oikein rakennetuissa hirsitaloissa tätä ongelmaa ei synny korkeiden kivijalkojen, kapillaarisen vedennousun estämisen, riittävien räystäiden ja toimivien sadevesikourujen ansiosta. Vääränlaiset pintakäsittelyt ovat myös aiheuttaneet lahovaurioita. Hirren pitkäikäisyys edellyttää hengittävää rakennetta. Vääränlaiset pinnoitteet, kuten liian tiiviit maalikerrokset, estävät hirsirakennetta luovuttamasta kosteutta. Yksiaiaineisena rakenteena hirsiseinän hyvä ominaisuus on, ettei siihen muodostu kylmäsiltoja, joihin kosteus voisi tiivistyä, eikä siinä myöskään ole rajapintoja, joihin kosteus voisi tiivistyä. Jos hirsiseinään on tullut kosteusvaurio, se on myös helppo havaita avointen pintojen vuoksi.

4.2 Puutalon kosteus- ja homeongelmat

Yksi yleisimmistä seinärakenteisiin liittyvistä kosteusongelmista on 1970-luvulla rakennetuissa pientaloissa. Silloin oli hyvin yleistä tehdä niin sanottu valesokkeli, missä seinärakenteen alaosa oli maanpinnan tasalla tai jopa alempana. Niissä rakenteissa maaperän kosteus on kulkeutunut sokkelin läpi seinän alaosiin aiheuttaen kosteus- ja homeongelmia. Myöhemmin rakennetuissa pientaloissa suoranaisesti seinärakenteisiin liittyviä suunnitteluvirheitä ei ole. Yleisesti kosteusvauriot seinissä liittyvät märkätilojen vääränlaiseen tai puutteelliseen kosteuden eristykseen. (Tyypilliset kosteus- ja homevauriot 1970-luvulla ja myöhemmin rakennetuissa pientaloissa, [Viitattu 3.5.2012]).

Uudemmissa rakennuksissa virheet ovat usein rakenteiden liittymäkohdissa ja läpivienneissä. Jotta rankarunkoinen talo olisi kosteusteknisesti turvallinen, se edellyttää vaipalta hyvää tiiveyttä. Käytännössä höyrynsulun tulee olla aukoton ja saumojen hyvin tiivistetty. Monikerroksisena rakenteena seinässä on rajapintoja,

joihin höyrynsulun vuotokohdista kulkeutunut kosteus voi tiivistyä. Ongelmiksi muodostuukin höyrynsulun läpäisevien läpivientien tiivistäminen. Toisaalta höyrynsulun saumakohtien tiivistämisen toimivuus pidemmällä aikavälillä mietityttää. Pientalojen suunniteltu käyttöikä on 50–100 vuotta. Voiko höyrynsulun saumojen tiivistämiseen käytettävältä teipiltä odottaa yhtä pitkää pitävyyttä?

Merkittävä kosteusvaurioiden aiheuttaja 2000-luvun pientaloissa on myös rakennusaikainen kosteus. Runkorakenteet, lämmöneristekerrokset ja pintarakenteet saavat kosteusvaurioita tai jopa homehtuvat jo rakennusaikana. Yksi syy tähän on liian nopea aikataulu. Hankkeet pyritään viemään mahdollisimman nopealla aikataululla läpi, jolloin jää huomioimatta rakenteiden vaatima kuivuminen. Esimerkiksi betonivalettu laatta vaatii suhteellisen pitkän kuivumisajan ennen päällystämistä. Toinen esimerkki rakennusaikaisesta kosteudesta on seinärakenteissa käytetty märkäpuhallettu villa. Sen tulee ehdottomasti antaa kuivua ennen kuin seinään laitetaan höyrynsulku ja muut rakenteet. Kolmas syy on rakennusmateriaalien huonot varastointijärjestelyt rakennusaikana. Esimerkiksi runkorakenteet tulee varastoida ilmavasti ja sateelta suojattuna.

5 YHTEENVETO

Hirsitaloja rakennetaan ympärivuotiseen käyttöön vähemmän kuin aikaisemmin. Hirsitalon energiatehokkuus on kuitenkin samaa tasoa kuin normaalirakenteilla toteutetun rankarunkoisen talon energiatehokkuus. Tämä selviää lämpöhäviöiden taseuslaskelmien tuloksista. Se edellyttää kuitenkin hirsitalolta sitä, että ulkoseinät ovat massiivihirttä ja ylä- ja alapohja ovat passiivitasoa. Passiivitason saavuttaminen hirsitalolla edellyttää seinien lisäeristämistä, mutta silloin menetetään hirren kosteustekniset ominaisuudet. Rakennuskustannuksiltaan hirsitalo on samaa tasoa kuin puutalo. Rakennuskustannukset jakautuvat molemmissa tapauksissa samalla tavalla. Molemmissa taloissa suurin kustannustekijä on runko- ja vesikat- torakenteet.

Kosteudenhallinnan kannalta hirrellä on useita hyväksi katsottavia ominaisuuksia. Hirsitalo tarvitsee kuitenkin koneellisen ilmastoinnin ilmanvaihtuvuuden kannalta kuten puutalokin. Tutkimukset kuitenkin viittaavat siihen suuntaan, että hirsitaloissa on havaittu vähemmän kosteus- ja homeongelmia kuin puutaloissa. Lisäksi hirsitaloissa sisäilmanlaatu pysyy hyvänä niin lämmityskaudella kuin hellejaksoilla. Se lisää asumisviihtyvyyttä, mutta myös parantaa sisäilman laatua. Puutaloissa ulkoseiniin päässyt kosteus muodostaa kosteus- ja homeongelmia. Se edellyttääkin rakenteilta tiivistä höyrynsulkua sekä rakennukseen oikein mitoitettua ilmanvaihtoa. Hirsitaloissa seinät pystyvät sitomaan ja luovuttamaan kosteutta eivätkä siten muodosta homeongelmia.

Hirsitalo on edelleen hyvä vaihtoehto omakotirakentamiseen. Se on ekologinen vaihtoehto, sen hiilijalanjälki on pieni, koska sen valmistusprosessi vie vähän energiaa ja se on kustannuksiltaan samaa tasoa kuin puutalo. Se ei ole herkkä kosteus- ja homeongelmille. Ainoa heikkous on sen energiatehokkuus.

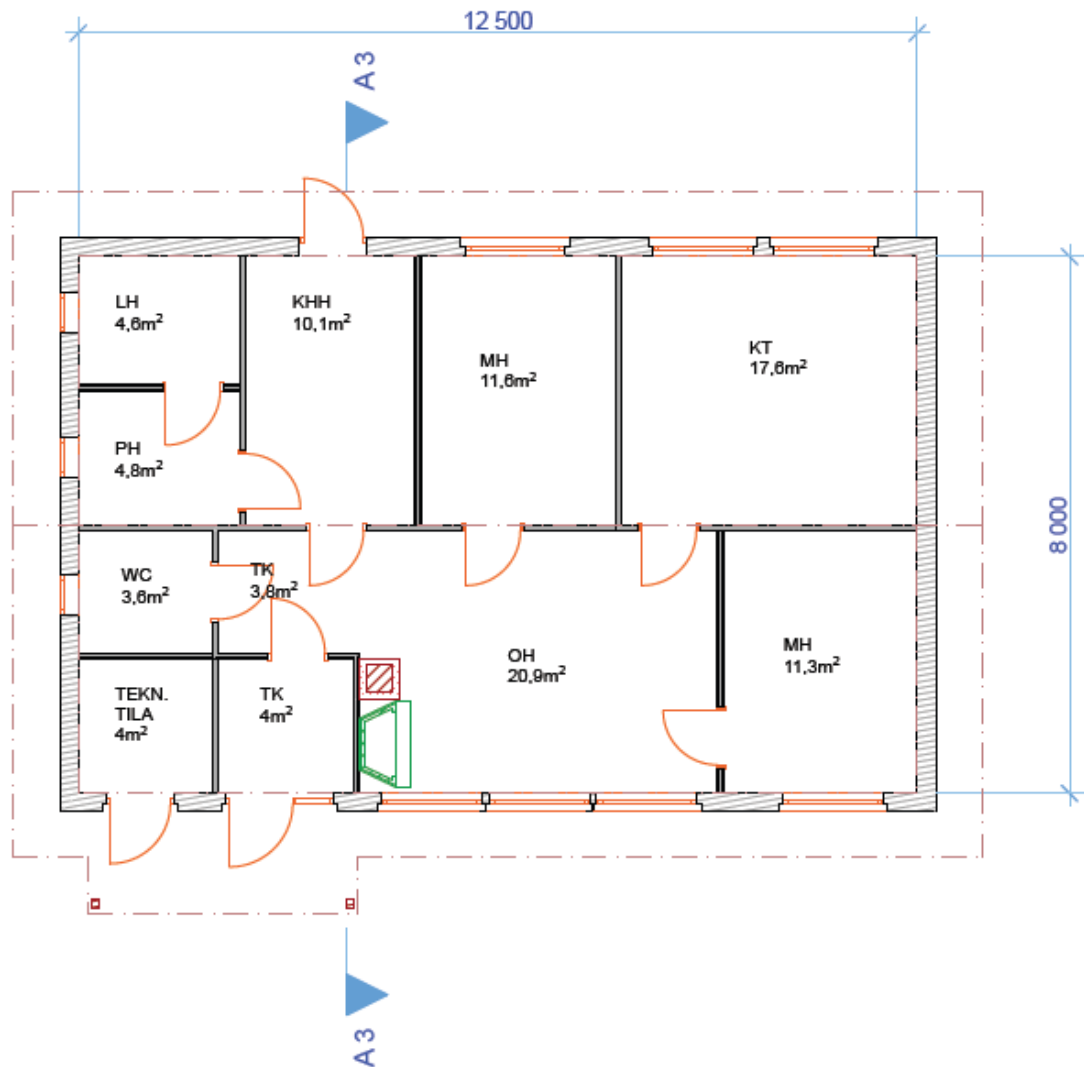
LÄHTEET

- D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2011. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristönsasto. Rakennusten energiatehokkuus.
- Finnlamelli kustannukset. [Verkkojulkaisu]. Finnlamelli. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.finnlamelli.fi/talotoimitus/kustannukset/>
- Finnlamelli on tutkitusti tiivis. Ei päiväystä. [verkkojulkaisu]. Finnlamelli. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.finnlamelli.fi/talotoimitus/finnlamelliontutkitustitiivis/>
- Kultahirsi. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: http://www.kultahirsitalot.fi/tarvikkeet/tarvikkeet_irto.html
- Palttala-Heiskanen, Arkinor Oy. Puurakentaminen ja kosteus – hengittävät rakenteet. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. Talotori. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.talotori.net/ouudiskosteus.php>
- Pientaloteollisuus PTT ry. 2009. Pientalobarometri.
- Rinne 2009. Hirsitalossa yhdistyy runko ja eriste. [verkkojulkaisu]. Perinnemestari. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.perinnemestari.fi/?id=64&id2=71>
- Tyypilliset kosteus- ja homevauriot 1970-luvulla ja myöhemmin rakennetuissa pientaloissa. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. Korjaustieto.fi. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/pientalot/sisailmaongelmat/kosteus-ja-homevauriot/tyypilliset-kosteus-ja-homevauriot-1970-luvulla-ja-myohemmin-rakennetuissa-pientaloissa.html>
- Valli 2003. Energia-määräykset nostavat hirsitalon hintaa. [Verkkoleh-tiartikkeli]. Rakennuslehti 29.5.2003. [Viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/4578.html>

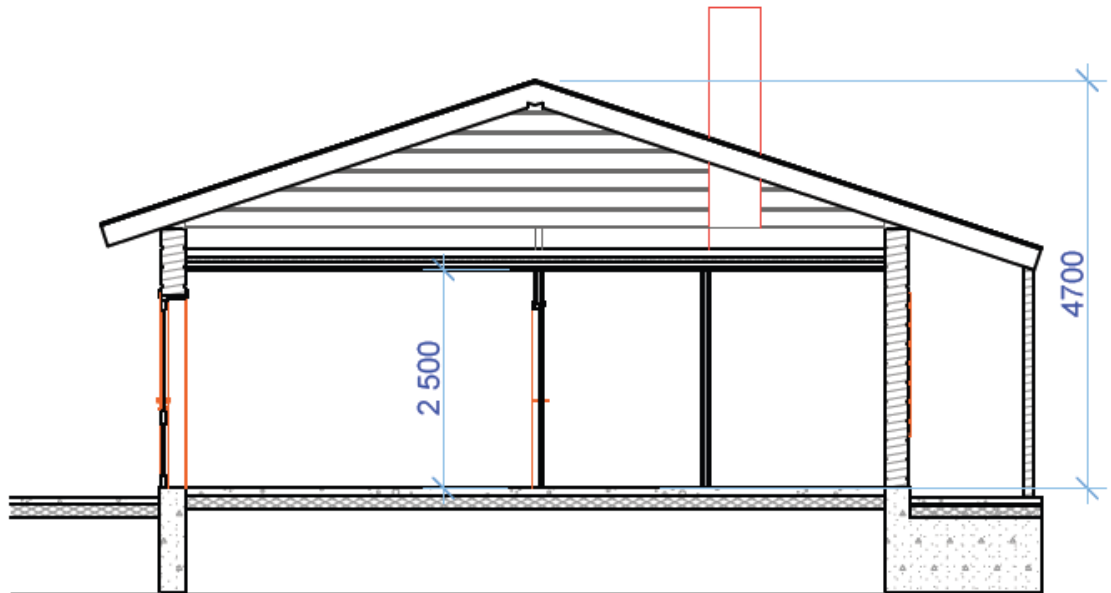
LIITTEET

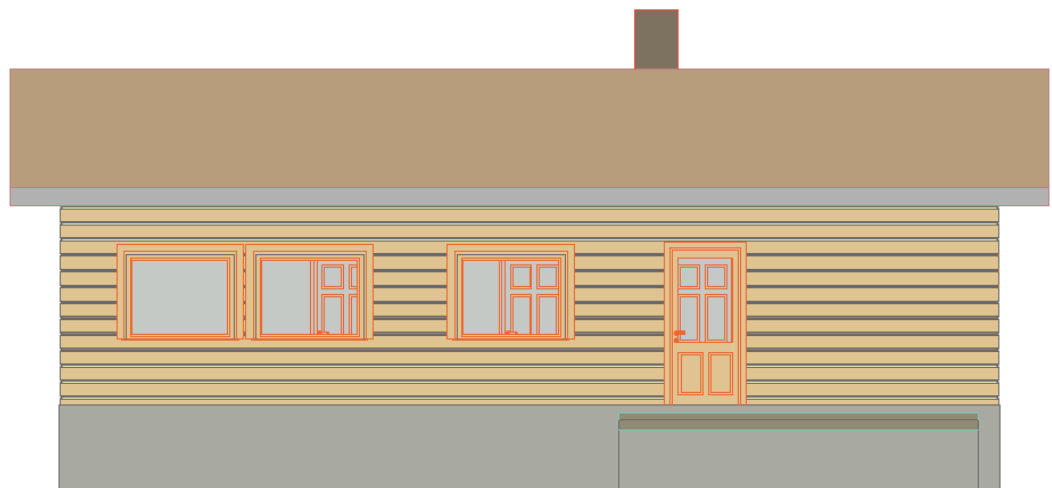
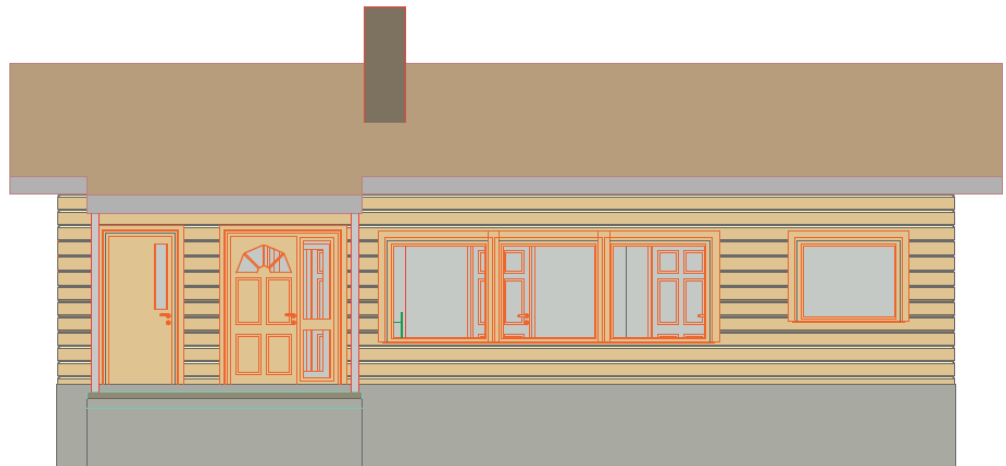
LIITE 1 Esimerkkitalon pohjakuva.....	32
LIITE 2 Esimerkkitalon leikkauskuva A-A.....	33
LIITE 3 Esimerkkitalon julkisivukuvat pohjoiseen ja etelään.....	34
LIITE 4 Esimerkkitalon julkisivukuvat itään ja länteen.....	35
LIITE 5 Rakennekuva us 1.....	36
LIITE 6 Rakennekuva us 2.....	37
LIITE 7 Rakennekuva us 3.....	38
LIITE 8 Rakennekuva yp 1.....	39
LIITE 9 Rakennekuva yp 2.....	40
LIITE 10 Rakennekuva ap 1.....	41
LIITE 11 Rakennekuva ap 2.....	42

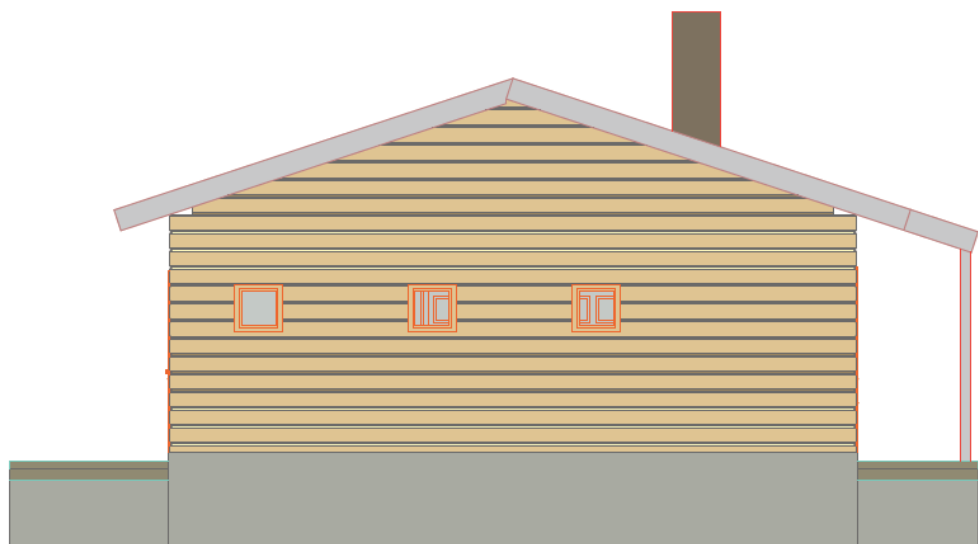
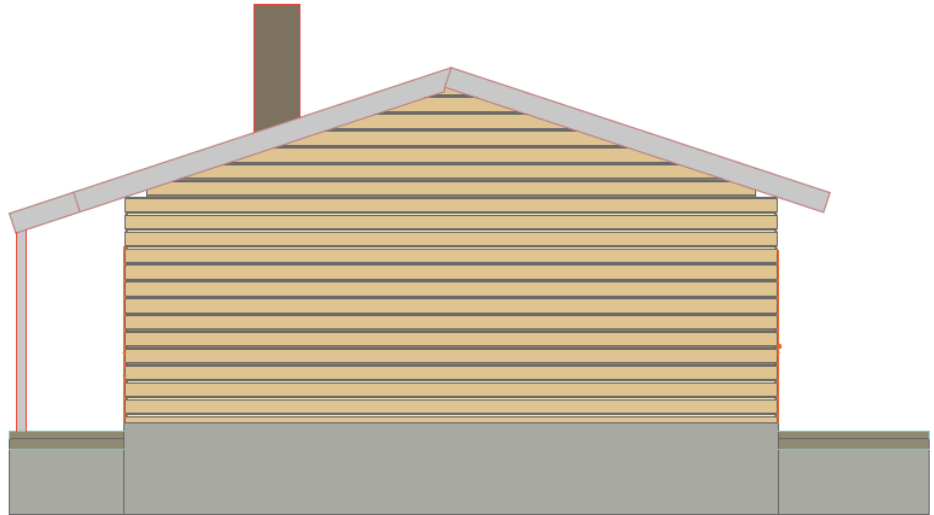
LIITE 1 Esimerkkitalon pohjakuva



LIITE 2 Esimerkkitalon leikkauskuva A-A

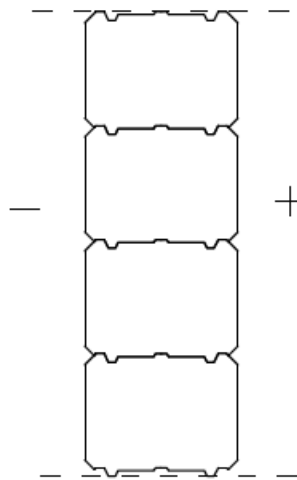


LIITE 3 Esimerkkitalon julkisivukuvat pohjoiseen ja etelään

LIITE 4 Esimerkkitalon julkisivukuvat itään ja länteen

LIITE 5 Rakennekuva us 1

Rakennuskohde Esimerkkirakennus 1	Sisältö Lämpimän tilan ulkoseinä, lamellihirsi 275mm	
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro Päiväys 23.3.2012	US 1

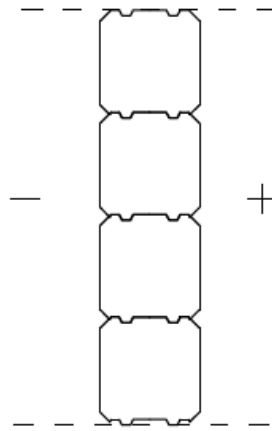


275 mm Lamellihirsi 275x220mm

$U=0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$

LIITE 6 Rakennekuva us 2

Rakennuskohde Esimerkkirakennus 2	Sisältö Lämpimän tilan ulkoseinä, lamellihirsi 180mm	
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro Päiväys 23.3.2012	US 2

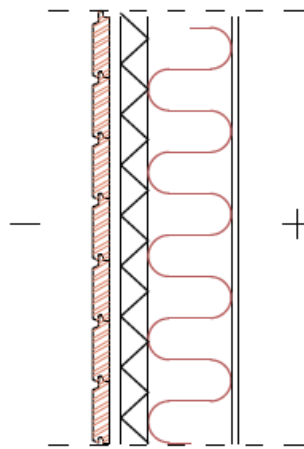


180 mm Lamellihirsi 180x195mm

$U=0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$

LIITE 7 Rakennekuva us 3

Rakennuskohde Esimerkkirakennus 3	Sisältö Lämpimän tilan ulkoseinä, puurunko, lautaverhouk	
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro	US 3
	Päiväys 23.3.2012	

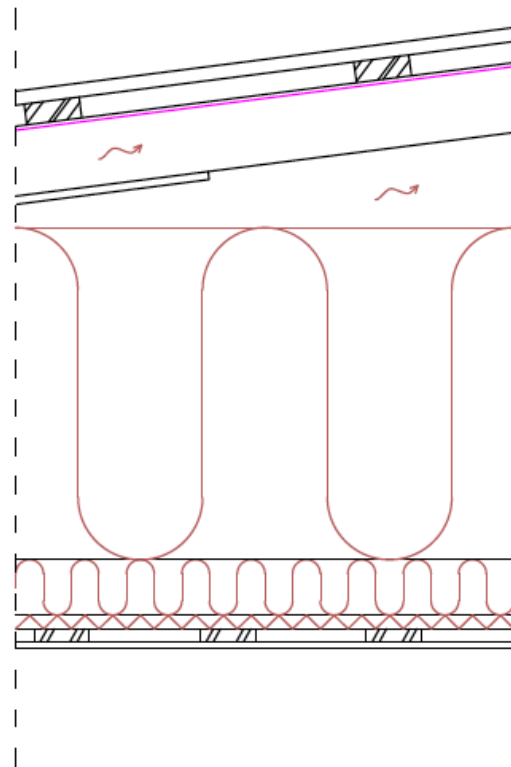


	Ulkoverhouk
22 mm	Koolaus 22x100 k600, tuuletusrako
50 mm	Tuulensuoja ja lämmöneriste, ISOVER RKL-Facade-50, saumat teipataan
150 mm	Lämmöneriste ISOVER KL33-150 ja kantava runko k600
	Höyrynsulku, esim. ISOVER VARIO
13 mm	Kipsilevy GYPROC GEK-13 tai GN-13
	Pintakäsittely huoneselityksen mukaan

$U=0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

LIITE 8 Rakennekuva yp 1

Rakennuskohde Esimerkkirakennus 1 ja 2	Sisältö Yläpohja, NR-kattoristikko
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro Päiväys 23.3.2012
	YP 1



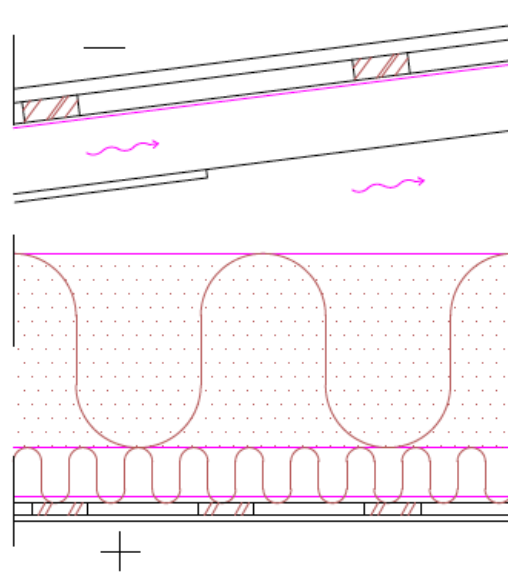
Vesikate alusrakenteinen rakennesuunnitelmien mukaan
Reuno-alueilla kattokannattajien välissä tuulenohjain
Tuuletettu ullakotila

600 mm	Lämmöneriste puhallusvilla ISOVER KV-041
100 mm	Lämmöneriste ISOVER KL-33
25 mm	Jäykkä alumiinipintainen mineraalivillaeristyslevy ISOVER REK-31
22 mm	Horvalauditus 22x100 k300
13 mm	Kipsilevy Gyproc GN 13 tai GEK 13
	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

$$U = 0.054 \text{ W/m}^2\text{K}$$

LIITE 9 Rakennekuva yp 2

Rakennuskohde Esimerkkirakennus	Sisäلتö Lämpimän tilan yläpohja
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro 003 Päiväys 20.4.2012
	YP 2



RAKENNE YLHÄÄLTÄ ALASPÄIN

Ruoteet ja vesikate aluskatteineen rakennesuunnitelmien mukaan

Reuna-alueilla kattokannattajien välissä tuulenhjain

Tuuletettu ilmatila

350 mm Puhallusvilla ISOVER PUH KV-042

100 mm Lämmöneriste ISOVER KL 37-100

Kattokannattajat rakennesuunnitelmien mukaan

Höyrynsulku

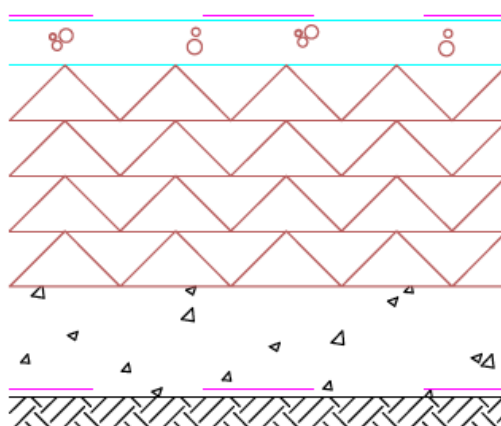
22 mm Harvalauditus 22x100 k300

13 mm Kipsilevy GYPROC GN 13

$U=0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$

LIITE 10 Rakennekuva ap 1

Rakennuskohde Esimerkkirakennus 1 ja 2	Sisältö Alapohja, maanvarainen teräsbetonilaatta	
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro	AP 1
	Päiväys 23.3.2012	



Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

Tasausbetoni tarvittaessa

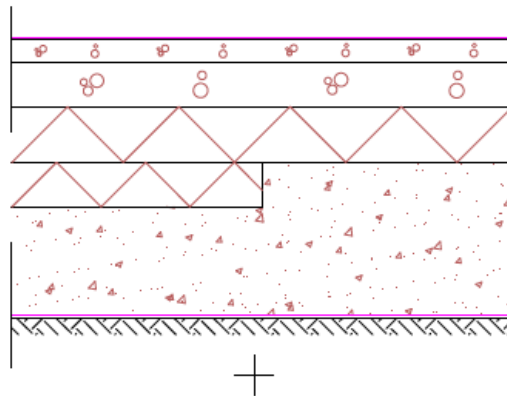
- 80 mm Maanvastainen teräsbetonilaatta, rakennesuunnitelmien mukaan
- 400 mm Lämmöneriste Styrofoam 300 SL-A-N
- 200 mm Koneellisesti tiivistetty kapillaarisen vedennousun katkaiseva kerros, esim. pesty sepeli tai salaojasora
- Suodatinkangas
- Perusmaa, kaivurajojen kallistus salaojiin 1:100

$$U = 0.087 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Huom. Maan lämmönvastusta ei ole huomioitu U-arvon laskennassa.

LIITE 11 Rakennekuva ap 2

Rakennuskohde Esimerkkirakennus	Sisältö Lämpimän tilan yläpohja
Suunnittelija Antti Huotari	Työ nro 003 Päiväys 20.4.2012
	AP 2



Rakenne ylhäältä alaspäin:

40mm	Pintamateriaali ja käsittely huoneselityksen mukaan Tasausbetoni (tarvittaessa) Teräsbetonilaatta rakennesuunnitelmien mukaan
100mm	Lämmöneriste EPS sisäalueella
100+80mm	Lämmöneriste EPS yhden metrin reuna-alueella
>200mm	Koneellisesti tiivistetty kapillaarisen vedennousun katkaiseva kerros, esim. salaojajosa Kuitukangas (tarvittaessa) Perusmaa (savi, salaojitettu hiekka tai sora), kallistus salaojiin 1:100

U-arvo:

reuna-alueella 0,16 W/m²K
sisäalueella 0,17 W/m²K

